

# STUDI EKSPERIMEN PENGARUH JUMLAH LUBANG NOSEL INJEKTOR TERHADAP PERFORMA MESIN SEPEDA MOTOR

Muhammad Vendy Hermawan<sup>1</sup>, Angga Eka Winarta<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknologi Warga Surakarta, Sukoharjo, Indonesia

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknologi Warga Surakarta, Sukoharjo, Indonesia

Email: vendyhermawan2@gmail.com

## ABSTRAK

Penggunaan teknologi injeksi bahan bakar pada mesin sepeda motor sudah banyak diaplikasikan oleh perusahaan otomotif untuk meningkatkan efisiensi kendaraan. Teknologi injeksi bahan bakar (*Full injection System*) merupakan teknologi yang digunakan untuk mencampur bahan bakar dengan udara sebelum masuk ke ruang bakar dan selanjutnya menyemprotkannya dengan tekanan tertentu. Sistem ini menggunakan beberapa sensor untuk menakar jumlah bahan bakar dan mengatur waktu penyemprotan yang tepat. Sehingga lebih meningkatkan tenaga mesin jika dibandingkan dengan mekanisme karburator. Komponen penting dalam sistem injeksi bahan bakar adalah *Injektor*. *Injektor* berfungsi untuk menyemprotkan dan membuat bahan bakar tercampur secara *homogen* sehingga dapat meningkatkan efisiensi bahan bakar dan mengurangi polusi serta memberikan tenaga yang lebih besar. Performa sepeda motor yang tangguh dapat dilihat dari seberapa besar dan efisiensi tenaga dan torsi kendaraan. Untuk meningkatkan performa sepeda motor salah satu caranya adalah dengan memperbaiki proses injeksi bahan bakar dalam proses pembakaran sehingga terjadi pembakaran yang baik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh jumlah lubang pada nosel injektor terhadap nilai tenaga dan torsi pada sepeda motor berdasarkan putaran mesin. Objek penelitian adalah sepeda motor 4 langkah dengan sistem injeksi bahan bakar, bahan bakar menggunakan pertalite Ron 90. Variasi penelitian adalah perbedaan jumlah lubang pada nosel injektor meliputi nosel 6 lubang (original bawaan pabrik), 4 lubang dan 8 lubang. Pengujian dilakukan menggunakan *dynotest*. Data yang diperoleh berupa grafik yang memuat nilai tenaga dan torsi masing-masing nosel injektor pada setiap putaran mesin.. Hasilnya, penggunaan nosel injektor 8 lubang menghasilkan daya maksimum sebesar 5,00 hp pada putran 5500 rpm dan torsi maksimum sebesar 4,84 ft-lbs pada putaran 5000 rpm. Untuk *injector* 6 lubang menghasilkan daya maksimum sebesar 7,42 hp pada putran 6500 RPM dan torsi maksimum sebesar 5,89 ft-lbs pada putaran mesin 6500 RPM. Nosel injektor 4 lubang memiliki daya maksimum 6,3 Hp pada putaran 6500 rpm dan torsi maksimum 5,8 ft-lbs pada putaran 6000 rpm.

**Kata kunci :** Daya, torsi, nosel injektor, lubang nosel dan performa mesin

## ABSTRACT

*The application of fuel injection technology in motorcycle engines has been widely applied by automotive companies to improve vehicle efficiency. Fuel injection technology (Full injection System) is a technology used to mix fuel with air before entering the combustion chamber and then spray it with a certain pressure. This system uses several sensors to measure the amount of fuel and set the correct spraying time. So as to increase engine power when compared with the carburetor mechanism. An important component in a fuel injection system is the injector. The injector sprays and makes the fuel mixed homogeneously so as to increase fuel efficiency, reduce pollution and provide more power. Robust motorcycle performance can be seen from how big of the power and torque efficiency of the vehicle. One way to improve motorcycle performance is to improve the fuel injection process in the combustion process so that good combustion occurs. This study aims to determine the effect of the number of holes on the injector nozzle on the value of*

power and torque on a motorcycle based on engine rotation speed. The object of research is a 4-step motorcycle with a fuel injection system, fuel using the Ron 90 pertalite. Variation of the study is the difference of the holes number in the injector nozzle including 6-hole nozzles (factory default), 4 holes and 8 holes. Testing is done using dynotest. The data obtained in the form of a graph that contains the value of power and torque of each injector nozzle at each engine speed. As a result, the use of an 8 holes injector nozzle produces a maximum power of 5.00 hp at 5,500 rpm and a maximum torque of 4, 84 ft-lbs at 5,000 rpm. For 6-holes injector produces a maximum power of 7.42 hp at 6500 rpm and maximum torque of 5.89 ft-lbs at 6,500 rpm. The 4-holes injector produces a maximum power of 6,3 hp at 6500 rpm and maximum torque of 5.8 ft-lbs at 6,000 rpm.

**Keywords :** Power, torque, injector nozzle. nozzle holes and engine performance

## 1. PENDAHULUAN

Bertambahnya pengguna sepeda motor di dunia sangat berpengaruh terhadap pola industri otomotif. Perusahaan otomotif semakin bersaing untuk mengeluarkan produk berkualitas dan diminati konsumen. Teknologi otomotif semakin maju, seiring naiknya selera dan standar keinginan konsumen. Sistem injeksi bahan bakar merupakan salah satu teknologi yang mampu meningkatkan performa mesin dan efisiensi bahan bakar [1]. Nosel injektor adalah komponen sistem injeksi bahan bakar yang berfungsi menyemprotkan dan mangabutkan bahan bakar ke ruang bakar [2]. Semakin kecil ukuran partikel bahan bakar, semakin homogen pula campuran bahan bakar dan udara sehingga performa mesin akan semakin baik [3].

Nosel injektor memiliki lubang di ujungnya. Lubang ini merupakan saluran keluar bahan bakar. Tingkat efisiensi penyemprotan bahan bakar dipengaruhi oleh beberapa parameter antara lain tekanan penyemprotan, ketepatan takaran bahan bakar dan udara serta jumlah lubang nosel injektor [4]. Sejalan dengan teori tersebut, maka penelitian ini menggunakan dua variabel jenis lubang nosel injektor , yaitu lubang 6 (original bawaan pabrik), lubang 4 dan lubang 8. Selanjutnya dilakukan uji performa mesin dengan mengukur nilai daya dan torsi mesin berdasarkan putaran mesin.

Penelitian yang dilakukan oleh Dong et al. [5] yang melakukan pengujian performa mesin bensin dengan variasi jumlah lubang nosel injektor 4,5,6 dan 8. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengurangan jumlah lubang injector nozzle berakibat naiknya panas yang dilepaskan mesin dan turunnya tekanan puncak kompresi. Tekanan semprot bahan bakar juga berpengaruh dalam unjuk kerja mesin. Thirunavukkarasu et al. [6], melakukan penelitian performa mesin diesel dengan variasi perbedaan jumlah lubang injector nozzle dan tekanan penyemprotan bahan bakar. Hasilnya, penggunaan jumlah lubang terbanyak dengan tekanan penyemprotan terendah memiliki performa mesin yang paling rendah.

Menurut Wu et al.[7], perbedaan jumlah lubang nosel injektor mesin diesel diesel secara signifikan mempengaruhi karakteristik pembakaran dan emisi gas buang mesin diesel. Semakin kecil ukuran partikel bahan bakar yang disemprotkan nosel injektor, maka pembakaran akan lebih sempurna. Optimalisasi proses pengabutan bahan bakar tidak dipengaruhi oleh sudut lancip ujung nosel, tetapi oleh tekanan penyemprotan dan ukuran lubang nosel injektor [8]. Selain itu, panjang lubang nosel injektor juga mempengaruhi karakteristik semprotan bahan bakar [9].

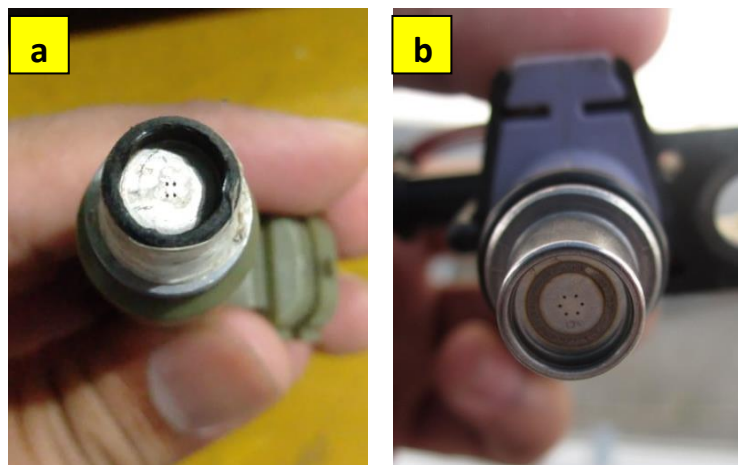
## 2. BAHAN DAN METODE

Objek penelitian berupa satu unit sepeda motor empat langkah tipe Honda BeAT FI tahun produksi 2014 dengan spesifikasi seperti yang ditampilkan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Spesifikasi sepeda motor

<b>Spesifikasi sepeda motor</b>	
Tipe mesin	4 Langkah, SOHC dengan pendingin udara, FI
Volume Langkah	108 cc
Sistem Suplai Bahan Bakar	Injeksi ( PGM-FI )
Diameter X Langkah	50 x 55 mm
Tipe Transmisi	Otomatis, V-matic
Rasio Kompersi	9,2:1
Daya Maksimum	6,27 KW (8,52 PS)/8.000 rpm
Torsi Maksimum	8,68 N.m (0,89 kgf.m)/6.500 rpm
Tipe Stater	Pedal dan Elektrik
Tipe Kopling	Otomatis, Sentrifugal, Tipe Kering
Diameter Venturi <i>throttle body</i>	19 mm

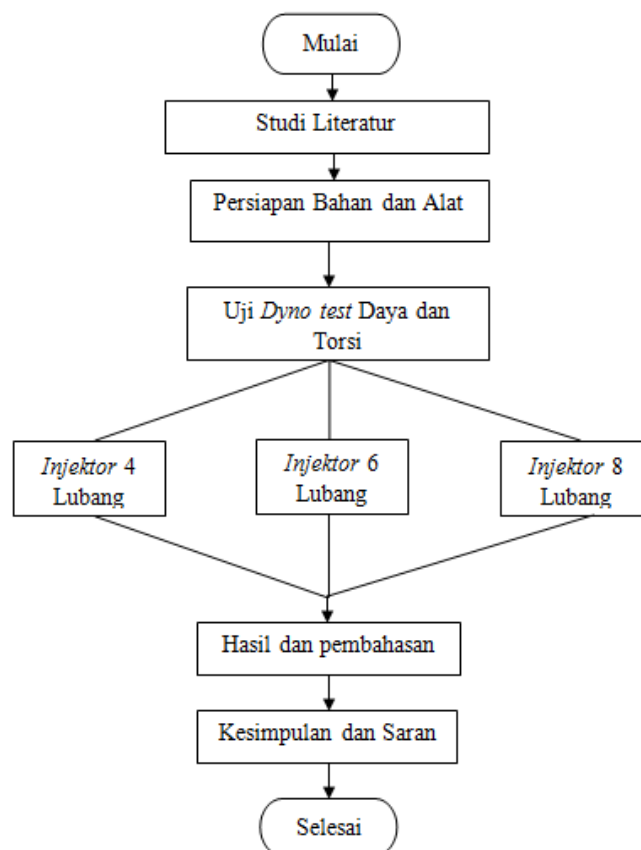
Penelitian dilakukan dengan menggunakan tiga buah nosel injektor yang memiliki jumlah lubang nosel yang berbeda, yaitu jumlah lubang 4, 6 dan 8. Masing-masing lubang nosel injektor memiliki diameter yang sama. Injektor nosel dengan jumlah lubang 6 adalah komponen bawaan dari pabrik. Gambar 1. adalah injektor nosel yang digunakan dalam penelitian ini.





**Gambar 1.** Nosel Injektor a) 4 lubang, b) 6 lubang, c) 8 lubang

Pengujian dilakukan dengan menggunakan dynotest. Data yang diperoleh adalah nilai daya dan torsi berdasarkan perubahan putaran mesin (RPM). Alur penelitian ditunjukkan pada Gambar 2.



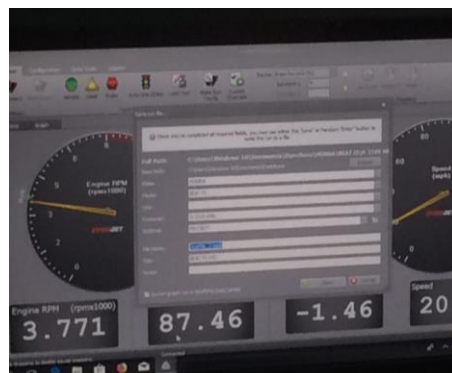
**Gambar 2.** Diagram alir penelitian

Proses pengujian dilakukan dengan menggunakan sepeda motor yang sama. Masing-masing injektor diuji secara bergiliran, sehingga harus dilakukan bongkar pasang injektor pada setiap variabel pengujian. Selama pengujian menggunakan sepeda motor dengan bahan bakar yang sama. Tidak dilakukan perubahan parameter tekanan

penyemprotan maupun pengaturan mesin lainnya untuk ketiga variabel penelitian. Variabel penelitian hanya berupa perbedaan jumlah lubang nosel injektor. Proses pengujian ditampilkan pada Gambar 3. dan tampilan monitor hasil pengujian disajikan pada Gambar 4.



**Gambar 3.** Proses pengujian torsi dan daya dengan *Dynotest*

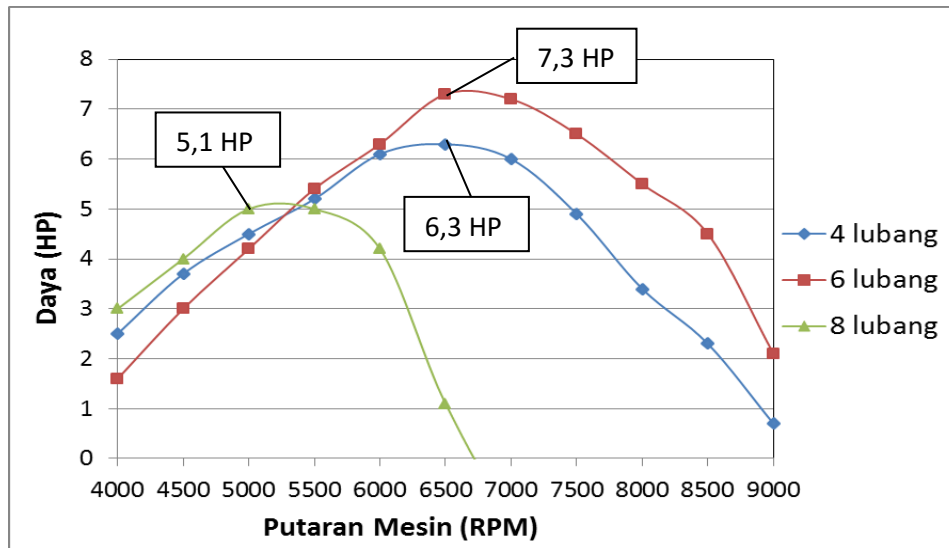


**Gambar 4.** Tampilan monitor *Dynotest*

Pengujian menggunakan Dynotest didapatkan data berupa nilai daya dan torsi sepeda motor pada beberapa putaran mesin.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

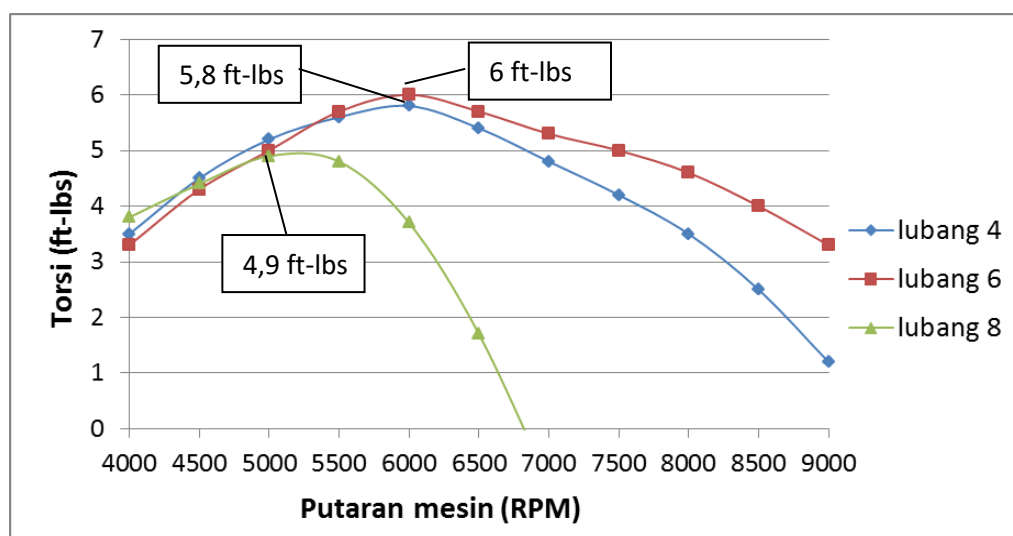
Pengujian daya mesin sepeda motor dengan variasi jumlah lubang pada nosel injektor diperoleh data seperti yang tersaji pada Gambar 5.



**Gambar 5.** Grafik daya – putaran mesin berdasarkan jumlah lubang nosel

Gambar 5. Menunjukkan bahwa injektor dengan 8 lubang memiliki daya tertinggi pada putaran mesin 4.000 – 5.000 rpm. Saat mesin mencapai putaran 5.500 rpm, daya yang dihasilkan menurun drastis hingga menyentuh angka nol pada putaran 6.800 rpm. Injektor original bawaan sepeda motor dengan jumlah lubang 6 memiliki daya yang paling kecil pada putaran mesin 4.000 – 5.500 rpm. Tetapi terjadi kenaikan yang signifikan hingga mencapai titik puncak pada putaran mesin 6.500 rpm dengan nilai daya 7,3 HP. Selanjutnya terjadi penurunan nilai daya secara bertahap. Injektor dengan jumlah lubang 4 memiliki nilai daya lebih tinggi pada putaran mesin 4.000 – 5.000 rpm jika dibandingkan dengan injektor lubang 6. Namun nilai daya masih sedikit di bawah injektor dengan lubang 8. *Trend line* daya berada di bawah nilai daya injektor lubang 6 di mulai ketika putaran mesin 5.500 rpm. Daya maksimum terjadi pada putaran mesin 6.500 rpm.

Nilai daya maksimum paling besar dimiliki oleh injektor dengan lubang 6 dengan nilai 7,3 HP. Injektor lubang 4 dan 8 memiliki nilai daya maksimum 6,3 HP dan 5,1 HP. Pengujian torsi mesin diperoleh data yang ditampilkan pada Gambar 6.



**Gambar 6.** Grafik torsi – putaran mesin berdasarkan jumlah lubang nosel

Gambar 6. Menunjukkan bahwa injektor dengan 8 lubang memiliki torsi tertinggi pada putaran mesin 4.000 rpm. Saat mesin mencapai putaran 5.500 rpm, torsi yang dihasilkan menurun drastis hingga menyentuh angka nol pada putaran 6.800 rpm. Injektor original bawaan sepeda motor dengan jumlah lubang 6 memiliki torsi yang paling kecil pada putaran mesin 4.000 rpm. Tetapi terjadi kenaikan yang signifikan hingga mencapai titik puncak pada putaran mesin 6.000 rpm dengan nilai torsi 6 ft-lbs. Selanjutnya terjadi penurunan nilai torsi secara bertahap. Injektor dengan jumlah lubang 4 memiliki nilai torsi lebih tinggi pada putaran mesin 4.000 rpm jika dibandingkan dengan injektor lubang 6. Namun nilai torsi masih sedikit di bawah injektor dengan lubang 8. *Trend line* torsi berada di bawah nilai torsi injektor lubang 6 di mulai ketika putaran mesin 5.500 rpm. Torsi maksimum terjadi pada putaran mesin 6.000 rpm.

Nilai torsi maksimum paling besar dimiliki oleh injektor dengan lubang 6. Injektor lubang 4 dan 8 memiliki nilai torsi maksimum 5,8 ft-lbs pada putaran 6.000 rpm dan 4,9 ft-lbs pada putaran 5.000 rpm.

Penelitian ini diperoleh data bahwa injektor bawaan pabrik dengan jumlah lubang 6 memiliki nilai daya dan torsi maksimum. Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Thirunavukkarasu et al. [6], menyimpulkan bahwa ketepatan pengaturan tekanan penyemprotan dan diameter lubang nosel injektor sangat berpengaruh terhadap performa mesin. Sejalan dengan penelitian yang dilakukan, pengaturan yang sudah dilakukan oleh pabrik mengenai tekanan penyemprotan bahan bakar sudah disesuaikan dengan jumlah lubang nosel injektor yang harus digunakan. Hal ini dibuktikan dengan data hasil penelitian ini, dimana nilai daya dan torsi maksimum dimiliki oleh injektor lubang 6 bawaan pabrik. *Trend line* nilai torsi dan daya injektor lubang 6 juga memiliki langkah yang panjang hingga putaran mesin 9.000 rpm.

Injektor dengan lubang 8 memiliki nilai daya dan torsi yang paling tinggi di putaran awal, namun pada putaran tinggi nilai nya cenderung turun. Hal ini disebabkan karena tekanan penyemprotan bahan bakar untuk ketiga jenis injektor adalah sama. Lubang setiap injektor memiliki diameter yang sama, dengan jumlah lubang yang lebih banyak tentu nilai diameter lubang total akan semakin besar. Injektor dengan diameter semakin besar namun tekanan penyemprotan sama, maka akan berakibat proses pengkabutan tidak optimal. Ukuran partikel bahan bakar semakin besar, sehingga proses pencampuran bahan bakar kurang sempurna. Kurang sempurnanya campuran bahan bakar dan udara berakibat pembakaran yang kurang optimal. Dampaknya adalah performa mesin akan menurun.

Injektor lubang 4 memiliki diameter total paling kecil. Dengan tekanan yang diberikan sama, maka bahan bakar yang keluar akan sedikit terhambat oleh kecilnya diameter total. Performa mesin menurun ketika mencapai putaran tinggi, dimana mesin membutuhkan suplai bahan bakar dan udara yang lebih banyak.

#### 4. KESIMPULAN

Penggunaan Injektor lubang 6 dalam penelitian ini memiliki nilai daya dan torsi lebih tinggi dibandingkan dengan lubang 4 dan 8. Daya maksimum sebesar 7,3 HP dan torsi maksimum 6,3 ft-lbs. Pengujian yang dilakukan tanpa melakukan perubahan settingan mesin dan tekanan penyemprotan bahan bakar, sehingga parameter tersebut dinilai paling sesuai diterapkan untuk aplikasi injektor lubang 6. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui seberapa besar pengaruh jumlah lubang nosel terhadap performa mesin dengan memperhatikan parameter settingan mesin dan tekanan penyemprotan bahan bakar. Parameter tersebut harus disesuaikan dengan karakteristik jenis injektor sehingga masing-masing injektor dapat bekerja optimal.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. Kim and S. Park, "Optimizing injector nozzle hole layout of a direct-injection spark-ignition engine for wide open throttle condition," *Energy Convers. Manag.*, vol. 181, no. November 2018, pp. 59–67, 2019.
- [2] R. Kurniawan, "Analisis Pengaruh Penggunaan Injector Terhadap Unjuk Kerja Honda Beat Fi," *Anal. Pengaruh Pengguna. Inject. Terhadap Unjuk Kerja Honda Beat Fi*, vol. 5, no. 2, 2018.
- [3] Z. Lee, T. Kim, S. Park, and S. Park, "Review on spray, combustion, and emission characteristics of recent developed direct-injection spark ignition (DISI) engine system with multi-hole type injector," *Fuel*, vol. 259, no. September 2019, p. 116209, 2020.
- [4] Semin, B. Cahyono, Amiadji, and R. A. Bakar, "Air-fuel Mixing and Fuel Flow Velocity Modeling of Multi Holes Injector Nozzle on CNG Marine Engine," *Procedia Earth Planet. Sci.*, vol. 14, pp. 101–109, 2015.
- [5] S. Dong, C. Yang, B. Ou, H. Lu, and X. Cheng, "Experimental investigation on the effects of nozzle-hole number on combustion and emission characteristics of ethanol/diesel dual-fuel engine," *Fuel*, vol. 217, no. July 2017, pp. 1–10, 2018.
- [6] R. Thirunavukkarasu, M. Mahendran, R. Tamilselvan, and S. Periyasamy, "Investigation on Single, Four and Five Holes Fuel Injector Nozzle on Performance and Emission Characteristic of Diesel on A VCR Engine by Using Ceramic Coating Material on the Piston Crown," *Mater. Today Proc.*, vol. 5, no. 2, pp. 7577–7585, 2018.
- [7] X. Wu, J. Deng, H. Cui, F. Xue, L. Zhou, and F. Luo, "Numerical simulation of injection rate of each nozzle hole of multi-hole diesel injector," *Appl. Therm. Eng.*, vol. 108, pp. 793–797, 2016.
- [8] S. Wu, A. Gandhi, H. Li, and M. Meinhart, "Experimental and numerical study of the effects of nozzle taper angle on spray characteristics of GDI multi-hole injectors at cold condition," *Fuel*, vol. 275, no. April, p. 117888, 2020.
- [9] M. Chang and S. Park, "International Journal of Heat and Mass Transfer Spray characteristics of direct injection injectors with different nozzle configurations under flash-boiling conditions," *Int. J. Heat Mass Transf.*, vol. 159, no. March, p. 120104, 2020.